ORIGINAL

No evidence of adverse effects in the reproductive health of women in the Navy who were exposed to radiofrequency electromagnetic fields

BE. Moen*, V. Baste*, OJ. Møllerløkken*, G. Oftedal, KH. Mild*****

*Department of Global Public Health and Primary Care, Bergen (Norway)
**Faculty of Technology, Sør-Trøndelag University College (HiST), Trondheim (Norway)
***Department of Radiation Sciences, Umeå University, Umeå (Sweden)

ABSTRACT

Background: Military employees of the Royal Norwegian Navy (RNoN) might be exposed to radiofrequency electromagnetic fields (RF EMFs) while working close to antennas and different communication equipment. This has caused concern about possible adverse effects on reproduction.

Objectives: The present study investigates the association between experienced occupational exposure to RF EMFs in the RNoN and self-reported measures of reproduction among female workers.

Methodology: In a cross-sectional survey among all military women in the RNoN (1950-2002), information about work close to equipment with radiofrequency electromagnetic emissions and reproductive health was obtained by a questionnaire from 323 women, 67% response.

Results: Forty-four percent of the women had worked near equipment with radiofrequency electromagnetic emissions. They had the same prevalence of infertility and spontaneous abortions as women who had not worked near such equipment, had the same number of children and the sex ratio among their children was the same. No evidence of negative adverse effects on reproduction was found related to work near equipment causing exposure to RF EMFs in this group of female workers in the RNoN.

Conclusion: The study is rather small, and due to low statistical power, potentially adverse effects may not have been detected. However, the population consisted of all the females in the RNoN during 52 years, and the results may reduce the concern about reproductive health and RF EMF exposure in this particular group. The study does not clarify whether RF EMF can cause negative reproductive outcomes in other populations, with other exposure levels.

Keywords: Female, occupational exposure, reproduction, ships

NO SE HAN ENCONTRADO EVIDENCIAS DE EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD REPRODUCTIVA DE LAS MUJERES DE LA ARMADA EXPUESTAS A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE RADIOFRECUENCIA

RESUMEN

Introducción: Los empleados Militares de la Armada Real de Noruega (RA de N) pueden estar expuestos a campos electromagnéticos de radiofrecuencia (CEMs RF) al trabajar cerca de antenas y diferentes equipos de comunicación. Este asunto ha provocado cierta preocupación sobre los posibles efectos adversos en la reproducción.

Objetivos: El presente estudio investiga la relación entre la exposición ocupacional a CEMs RF de las trabajadoras de la RA de N y los datos sobre reproducción evaluados y proporcionados por ellas mismas.

Metodología: En una encuesta transversal llevada a cabo entre todas las mujeres militares de la RA de N (1950 -2002), se ha obtenido información de 323 mujeres (índice de respuesta del 67%) sobre el trabajo cerca de equipos que emiten campos electromagnéticos de radiofrecuencia y la salud reproductiva.

Resultados: El cuarenta y cuatro por ciento de las mujeres habían trabajado cerca de equipos que emiten campos electromagnéticos de radiofrecuencia. La prevalencia de infertilidad y abortos espontáneos ha sido la misma en estas mujeres que en aquellas que no habían trabajado cerca de dichos equipos. El número de hijos así como la proporción entre sexos también ha sido la misma. En este grupo de trabajadoras de la RA de N no se han hallado pruebas de ningún efecto adverso en la reproducción relacionado con el trabajo cerca de equipos que las exponían a CEMs RF.

Discusión: El estudio es bastante pequeño y, debido a su bajo poder estadístico, podrían no haberse detectado ciertos efectos adversos potenciales. En cualquier caso, la población de la encuesta estaba formada por todas las mujeres que han trabajado en la RA de N durante 52 años, por lo que los resultados pueden mitigar la preocupación en lo que respecta a la salud reproductiva y la exposición a CEMs RF

Correspondencia/ *Correspondence to* :Bente E. Moen, MD, PhD. Centre for International Health, Department of Global Public Health and Primary Care, Årstadveien 31, N-5009 Bergen (Norway). E mail: bente.moen@cih.uib.no

Recibido / *Received:* 22-02-2014 **Aceptado** / *Accepted:* 29-05-2014
Med Marit 2014; 14(1) 34-42.

en este grupo concreto. El estudio no aclara si los CEMs RF pueden producir resultados negativos en la reproducción de otras poblaciones con otros niveles de exposición.
Palabras clave: Mujer, exposición ocupacional, reproducción, buques

ON N'A PAS TROUVE DES EVIDENCES DES EFFETS ADVERSES SUR LA SANTE RESPRODUCTIVE DES FEMMES DES ARMEES EXPOSES AUX CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES DE RADIOFREQUENCE

RESUMEE
Introduction : Les employés militaires de la Marine Royale Norvégienne (RNoN) pourraient être exposés à champs électromagnétiques de radiofréquence (CEM de RF) tandis qu'ils travaillent près d'antennes et équipement divers de communication. Cela a provoqué l'intérêt par les possibles effets négatifs sur la reproduction.
Objectifs : la présente étude fait une recherche sur la relation entre l'exposition professionnelle aux CEM de RF subie à la RNoN et les mesures de reproduction déclarées par les travailleuses.
Méthodologie : Dans une enquête transversale faite entre toutes les femmes militaires de la RNoN (1950 – 2002), des informations sur le travail près d'équipement provocant émissions de radiofréquence électromagnétique ont été obtenues moyennant un questionnaire répondu par 323 femmes, 67% de réponse.
Résultats : Quarante-quatre pour cent des femmes ont travaillé près d'équipements provocant émissions de radiofréquence électromagnétique. Elles avaient la même prévalence d'infertilité et avortements spontanés que les femmes qui n'avaient pas travaillé près de ces équipements, le même numéro d'enfants et la proportion de chaque sexe entre ses enfants était aussi la même. Il n'y a pas d'indices d'effets négatifs sur la reproduction reliés au travail près de l'équipement provocant l'exposition aux CEM de RF, dans ce groupe de travailleuses de la RNoN.
Conclusions: L'étude est plutôt petite, et dû à la basse puissance statistique, des effets négatifs potentiels pourraient n'avoir pas été détectés. Néanmoins, la population comprenait toutes les femmes de la RNoN pendant 52 ans, et les résultats devraient réduire la préoccupation sur la santé reproductive el l'exposition aux CEM de RF dans ce groupe particulier. L'étude ne clarifie pas si les CEM de RF peuvent provoquer résultats négatifs sur la reproduction dans des autres populations, avec d'autres niveaux d'exposition.
Mots clé : Femme, Exposition professionnel, reproduction, navires.

INTRODUCTION

In past decades, our society has experienced a large increase in use of different technical devices that emit radiofrequency electromagnetic fields (RF EMF). Examples are radio- and television signals, computers, mobile phones and other wireless communication devices. Such equipment may be present at different work places, and the employees might be exposed to RF EMF during their work.[1]

In the Royal Norwegian Navy (RNoN) some of the employees are exposed to RF EMF, due to extensive use of communication equipment on ships. All ships have radars, transmitters and antennas that result in exposure to RF EMFs, and Navy personnel can potentially be exposed to EMFs with a wide range of frequencies. The transmitters and radars are in use on all ships while they are in operation, but exposure might differ among the ships.

The RNoN has for about ten years measured RF EMF at stationary locations in work places with possible exposure on the ships, in order to mark out unsafe areas. Measurements from one type of vessel in the RNoN, fast patrol boats, have been published with the aim of making dose assessments on board.[2] That study confirms that there can be RF EMF exposure at many locations on these vessels, where the crew work and rest, and shows the complexity of the exposure evaluation at these work sites. The exposure level and exposure time may vary considerably. The exposure levels on board the vessels seem to have increased at some locations on deck over the years, but the sailing time in general has been reduced, causing less exposure. [2]

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas nuestra sociedad ha sido testigo de un gran aumento en el uso de aparatos tecnológicos que emiten campos electromagnéticos de radiofrecuencia (CEMs RF). Algunos ejemplos son las señales de radio y televisión, ordenadores, teléfonos móviles y otros aparatos de comunicación sin cables. Se pueden encontrar equipos de este tipo en diferentes lugares de trabajo, donde los trabajadores pueden verse expuestos a CEMs RF mientras trabajan.[1]

En la Armada Real de Noruega (AR de N) algunos empleados están expuestos a CEMs RF debido al uso extensivo de los equipos de comunicación en los buques. Todos los buques tienen radares, transmisores y antenas que emiten CEMs RF y el personal de la Armada puede estar potencialmente expuesto a CEMs en un amplio rango de frecuencias. Los transmisores y radares están en uso en todos los buques durante todas las operaciones, pero la exposición puede variar de un buque a otro.

La RA de N ha medido durante diez años los CEMs RF en ubicaciones fijas de lugares de trabajo de los buques con posibilidad de exposición, con el objetivo de declarar las áreas inseguras. Se han publicado las mediciones de un tipo de embarcación de la RA de N, el buque patrullero rápido, con el propósito de estimar la dosis recibida a bordo.[2] Este estudio confirma que puede haber exposición a CEMs RF en muchas ubicaciones de las embarcaciones, donde la tripulación trabaja y descansa, y muestra la complejidad de la evaluación de la exposición en estos lugares de trabajo. El nivel y el tiempo de exposición están sujetos a variaciones considerables. Con el paso de los años, los niveles de exposición a bordo de las embarcaciones parecen haber aumentado en algunas zonas de la cubierta, pero el tiempo de navegación en general se ha reducido, dándose así una exposición

35

Publications have indicated adverse effects on male reproduction related to work on ships in the RNoN, with a high prevalence of infertility and congenital anomalies.[3-5] One possible explanation of these findings has been adverse effects from exposure to RF EMFs, although this has not been confirmed. The sex ratio of children born of these employees has also been examined, but with inconclusive results. [5-6] As an increasing number of females have become employed in the RNoN in recent years, these findings have caused concern. The female employees question whether RF EMF might affect their reproductive health and cause long-term effects. This worry is related to both adverse effects on their own reproductive health and effects on their children.

Little is known about exposure to RF EMFs and reproductive health among female workers in general. Existing epidemiological studies have primarily been carried out among physiotherapists, as this occupational group often treats their patients with instruments emitting RF EMF.[7-11] These studies have given different results and are not conclusive.

How RF EMF might interact with reproductive health is debated. Both cell plasma membrane and plasma membrane structures have been suggested as targets.[12] The effects of RF-EMF and voltage-gated calcium channels are discussed, and also a disturbance in reactive oxygen species (ROS) metabolism .[12] It is suggested that the induction of oxidative stress in sperm cells not only perturbs the capacity for fertilization but also contributes to DNA damage. [13] However, knowledge is scarce in this area.

The aim of the present study was to investigate the association between experienced occupational exposure to RF EMFs in the RNoN and self-reported measures of reproduction among female workers; infertility, spontaneous abortions, number of biological children, sex ratio of the children and congenital anomalies. We tested the hypothesis that the RF EMF exposure of women on board the RNoN naval ships increases the prevalence of infertility, spontaneous abortions and congenital anomalies, reduces the number of children born and increases the percentage of female babies.

MATERIALS AND METHODS

The study population consisted of all current and former female military employees in the RNoN, defined by the military employment list. The study was part of a larger project among all employees in the RNoN. The data were collected during two time periods depending on whether they were currently or formerly employed. All female military employees currently employed as of September 2002, received a questionnaire by mail in autumn 2002. The response was 67%. Former military employees were defined as employed in the RNoN for more than 16 months from 1950 to September 2002. These persons received a questionnaire at the end of 2004, response 70%. The employees were identified by both name and

menor. [2]

Las publicaciones han mostrado efectos adversos en la reproducción masculina relacionados con el trabajo en buques en la RA de N, con una importante prevalencia de infertilidad y anomalías congénitas.[3-5] Los efectos adversos provocados por la exposición a CEMs RF son una posible explicación para estas irregularidades, pero esta hipótesis no se ha confirmado. También se ha examinado la proporción entre ambos sexos de los hijos que han tenido estos empleados, pero los resultados han sido inconcluyentes.[5-6] Debido al creciente número de mujeres empleadas en la RA de N en los últimos años, estos hallazgos han suscitado cierta preocupación. Las empleadas se preguntan si los CEMs RF pueden afectar a su salud reproductiva y tener efectos negativos a largo plazo. No sólo se preocupan por los efectos adversos sobre su propia salud reproductiva, sino también por los efectos sobre sus hijos.

Se sabe poco sobre la exposición a CEMs RF y la salud reproductiva entre las trabajadoras en general. Los estudios epidemiológicos existentes se han llevado a cabo principalmente entre fisioterapeutas, ya que este grupo ocupacional trata a menudo a sus pacientes con instrumentos que emiten CEMs RF.[7-11] Estos estudios han dado resultados diferentes y no son concluyentes.

El debate sobre cómo los CEMs RF podrían interactuar con la salud reproductiva está abierto. Se ha sugerido que tanto la membrana plasmática como las estructuras de la membrana plasmática podrían ser las partes afectadas. [12] Se discute sobre los efectos de los CEMs RF y los canales de calcio dependientes de voltaje, así como sobre la perturbación en el metabolismo de la especie reactiva de oxígeno (ERO). [12] Se insinúa que la inducción de estrés oxidativo en las células de esperma no sólo perturba la capacidad de fertilización, sino que también contribuye a causar daños en el ADN.[13] Aún así, hay poca información en esta área.

El propósito del presente estudio era investigar la relación entre la exposición ocupacional a CEMs RF a la que se han visto sometidas las trabajadoras de la RA de N y los datos sobre reproducción evaluados y proporcionados por ellas mismas (infertilidad, abortos espontáneos, número de hijos biológicos, proporción entre ambos sexos y anomalías congénitas). Analizamos la hipótesis de que la exposición a CEMs RF de las mujeres a bordo de los buques navales de la RA de N aumenta la prevalencia de infertilidad, abortos espontáneos y anomalías congénitas, reduce el número de hijos y aumenta el porcentaje de niñas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población del estudio está formada por todas las mujeres militares que trabajan o han trabajado en la RA de N, según la lista de empleo militar. El estudio formaba parte de un estudio más amplio llevado a cabo entre todos los empleados de la RA de N. Los datos se recogieron en dos períodos de tiempo diferentes, dependiendo de si las mujeres estaban trabajando en ese momento o si eran antiguas trabajadoras. Todas las militares que estaban trabajando en septiembre de 2002, recibieron un cuestionario por correo en otoño de 2002. La respuesta

personal identity number and their current address was found in the National population registry. In both surveys two reminders were sent to those who did not respond. A total of 323 currently (86) and formerly (237) employed military females in the Norwegian Navy were finally included in the analyses.
The questionnaire sent to current employees in 2002 was 20 pages long and included various subjects related to work and health. The questionnaire sent to former employees contained only a subset of the questions. Only questions that were identical in the two surveys have been used in the present study, with the exception of questions on spontaneous abortions which were only obtained from former female employees.
Three questions related to possible exposure to RF EMF were included: Work closer to high-frequency aerials than 10 meter, work closer to communication equipment than 3 meter and work closer to radar than 5 meter. They were formulated as "Have you ever in the navy been working with …" with five response categories "1=not at all", "2=low degree" -, "3=some"- , "4=high degree" "5=very high degree" or "do not know". These categories were combined and dichotomized into "unexposed" and "exposed" in the statistical analyses. The "unexposed" category included women not exposed (response 1 or 2) to high-frequency aerials nor communication equipment nor radar and the "exposed" category included women exposed (response 3-5) to either high-frequency aerials or communication equipment or radar. The same questions regarding RF EMF exposure were also asked concerning exposure at other work places or at home.
Information about infertility was obtained by a single question: "Have you and your partner ever tried for more than one year to become pregnant without success?" The response categories were "yes", "no" and "do not know". In the analyses only those who answered "yes" or "no" were included. The participants were also asked whether they had biological children, how many children they had, about the presence of congenital anomalies and the gender of each child. The formerly employed women were also asked if they had experienced any spontaneous abortions and if yes, how many times.
The participants were also asked how many years they had been working in the Navy, current smoking habits (current smokers or not) and current alcohol consumption (number of alcohol units consumed per week).
A comparison of responders and non-responders to this study revealed no differences in age between these groups.

Statistics
Descriptive statistics have been used to describe the data. Logistic regression analyses were performed to analyze the relationship between dichotomized adverse reproductive outcome (infertility and spontaneous abortions), and the exposure variables (exposed and unexposed), by calculation of odds ratios and 95%

fue del 67%. Se definió como antiguas trabajadoras a aquellas que trabajaron durante más de 16 meses desde 1950 hasta septiembre de 2002. Estas personas recibieron un cuestionario a finales de 2004, con una respuesta del 70%. Se identificó a las empleadas por nombre y número de identificación personal y se encontraron sus direcciones actuales en el Registro Nacional. Para ambas encuestas, se enviaron recordatorios a todas aquellas que no respondieron. Finalmente se incluyó a un total de 323 empleadas militares, entre actuales (86) y antiguas (237) trabajadoras de la Armada Noruega.
El cuestionario que se envió a las trabajadoras actuales en 2002 constaba de 20 páginas e incluía varios temas relacionados con el trabajo y la salud. El cuestionario que se envió a las antiguas trabajadoras solo contenía un subconjunto de preguntas. En el presente estudio sólo se han utilizado las preguntas que eran idénticas en ambas encuestas, con la excepción de las preguntas de abortos espontáneos, que sólo se dieron en antiguas trabajadoras.
Se incluyeron tres preguntas relacionadas con una posible exposición a CEMs RF: Trabajar a menos de 10 metros de antenas de alta frecuencia, trabajar a menos de 3 metros de equipos de comunicación y trabajar a menos de 5 metros de un radar. Dichas preguntas se formularon de la siguiente manera: "¿Alguna vez has trabajado en la armada con…?"; con cinco categorías de respuesta posibles: "1=nunca", "2=pocas veces", "3=a veces", "4 bastantes veces", "5=muchas veces" o "ns/nc". En los análisis estadísticos estas categorías se combinaron y estableció la dicotomía: "expuesta" y "no expuesta". La categoría "no expuesta" incluía a las mujeres que no habían estado expuestas (respuestas 1 ó 2) a antenas de alta frecuencia, equipos de comunicación ni radares y la categoría "expuesta" incluía a las mujeres que sí habían estado expuestas (respuestas 3-5) a antenas de alta frecuencia, equipos de comunicación o radares. Se hicieron las mismas preguntas relacionadas con la exposición a CEMs RF en otros lugares de trabajo o en casa. La información sobre infertilidad se obtuvo con una sola pregunta: "¿Han intentado concebir, usted y su pareja, durante más de un año sin éxito?". Las posibles respuestas eran "sí", "no" y "ns/nc". En el análisis sólo se incluyó a aquellas que contestaron "sí" o "no". También s preguntó a las participantes si habían tenido hijos biológicos, cuántos habían tenido, sobre la presencia de anomalías congénitas y el sexo de cada hijo. Se preguntó a las antiguas trabajadoras si habían experimentado algún aborto espontáneo y, de ser así, cuántas veces.
También se preguntó a las participantes cuántos años habían trabajado en la Armada y cuáles eran sus hábitos actuales de consumo de tabaco y alcohol (si son fumadoras actualmente o no y el número de unidades alcohólicas consumidas por semana).
Comparando aquellas mujeres que respondieron a este estudio y las que no, no se revelan diferencias de edad entre estos grupos.

Estadísticas
Se han utilizado estadísticas descriptivas para describir los datos. Se realizaron análisis de regresión logística para analizar la relación entre los dos posibles resultados

confidence intervals. Adjustments for potential confounders were not performed due to low numbers. The number of spontaneous abortions and the number of children in the two groups (exposed and unexposed) were compared using the non-parametric Mann-Whitney U test, as the data were not normally distributed. The gender of the children in the various groups was compared using the chi-square test. The Statistical Package of Social Sciences 13.0 was used for statistical analysis. The significance level was set to $P < 0.05$.

Ethics
The Regional Committee for Medical Research in Western Norway (Bergen) and The Norwegian Data Inspectorate approved the study.

RESULTS
Among the 323 participating female workers, 110 (34%) had been working "some", "often" or "very often" near high frequency (HF) antennas, and were categorized as "exposed". Similar figures for working close to communication equipment or radar were 108 (33%) and 102 (32%), respectively, and these three types of exposed groups were overlapping to a high degree, giving 138 (42%) of exposed women totally. Six women had missing information on one or more questions concerning this type of exposure. Mean age for the women was 32 years, and they had been working 7.1 years (mean) in the RNoN. Thirty-five percent of the women were categorised as ever smokers, and their mean number of alcohol units per week was 3.2. Only 0.5% of the women reported RF EMF exposure at other work places or at home. When comparing the exposed group to the unexposed, no significant differences regarding these factors were found (Table 1).

The exposed group did not report higher prevalence of periods of infertility or higher prevalence of spontaneous abortions than the unexposed (Table 2). Comparing the number of spontaneous abortions revealed no significant differences between the exposed group compared to the unexposed group (Mann-Whitney U test, P>0.8). The exposed and unexposed women had given birth to 282 children and there was no significant difference in number of children when comparing the groups (Mann-Whitney U test, P>0.6). The sex ratio of offspring was the same, comparing the exposed group to the unexposed group (Chi-square test, P>0.6). Only six children had congenital anomalies; two in the unexposed group and four in the exposed group. These figures were too small to be statistically tested.

DISCUSSION
No signs of adverse effects on reproduction were found related to work near RF EMF emitting equipment among the female employees from the RNoN.
To our knowledge this is the first study of RF EMF and

reproductivos adversos (infertilidad y abortos espontáneos) y las variables de exposición (expuestas y no expuestas), calculando la razón de momios y aplicando un intervalo de confianza del 95%. No se llevaron a cabo ajustes para factores de confusión potenciales, debido a que los números eran bajos. Se comparó el número de abortos espontáneos y el número de hijos en ambos grupos (expuestas y no expuestas) utilizando una prueba no paramétrica, la prueba U de Mann-Whitney, ya que los datos no estaban distribuidos de manera normal. Para comparar el sexo de los hijos de ambos grupos se utilizó la Prueba X^2. Para hacer el análisis estadístico se utilizó el SPSS 13.0 (Statistical Package of Social Sciences). El nivel de relevancia se estableció en P<0.05.

Ética
El Comité Regional para la Investigación Médica (Regional Committee for Medical Research) de Noruega Occidental, en Bergen, y el Cuerpo de Inspectores de Datos de Noruega aprobaron el estudio.

RESULTADOS
Entre las 323 trabajadoras que participaban, 110 (el 34%) habían estado trabajando cerca de antenas de alta frecuencia "a veces", "a menudo" o "muy a menudo". Estas fueron las trabajadoras categorizadas como "expuestas". Se dieron cifras similares para aquellas que habían trabajado cerca de equipos de comunicación o radares, 108 (el 33%) y 102 (el 32%) respectivamente, y se solaparon estos tres grupos de mujeres expuestas en uno más amplio, obteniendo así un total de 138 (un 42%) mujeres expuestas. A seis mujeres les faltaba información sobre una o más preguntas relacionadas con este tipo de exposición. La edad media de las mujeres era de 32 años y habían trabajado 7.1 años (de media) en la RA de N. El treinta y cinco por ciento de las mujeres fueron categorizadas como fumadoras (es decir, que eran o habían sido fumadoras) y la media de unidades de alcohol consumidas por semana era de 3.2. Sólo el 0.5% de mujeres declararon estar expuestas a CEM RF en otros lugares de trabajo o en casa. No se encontraron grades diferencias con respecto a estos factores al comparar el grupo de mujeres expuestas con el de no expuestas (Tabla I). No se dio una mayor prevalencia de periodos de infertilidad ni de abortos espontáneos en el grupo expuestas en comparación con el grupo de no expuestas (Tabla II). Tampoco se hallaron diferencias significativas al comparar el número de abortos espontáneos entre el grupo de expuestas y el grupo de no expuestas (Prueba U de Mann-Whitney, P<0.8). Las mujeres expuestas y no expuestas habían dado a luz a 282 niños y no había diferencias significativas en el número de hijos al comparar ambos grupos (Prueba U de Mann-Whitney, P<0.6). La proporción entre sexos de los recién nacidos era la misma en el grupo de expuestas que en el de no expuestas (Prueba X2, P<0.6). Sólo seis niños presentaban anomalías congénitas, dos en el grupo de no expuestas y cuatro en el grupo de expuestas. Estas cifras no eran lo suficientemente significativas como para ser analizadas estadísticamente.

38

reproduction among military female employees in the Navy. However, physiotherapists might be exposed to RF EMF during their work with diathermy etc., and studies concerning this occupational group are of relevance. A register-based study from Denmark did not find any relation between physiotherapy work and lengthened time to pregnancy of more than six months,[8] supporting the findings regarding infertility in our present study. However, these Danish researchers did find a reduced sex ratio among the children of physiotherapists,[8] with a lower percentage of boys. This was not found in our present study. On the other hand, our findings are supported by results from a Swiss survey among female physiotherapists, showing no change in sex ratio.[9] The differences in results might be explained by a misclassification of exposure in the Danish study, as suggested by the authors themselves. A survey including telephone interviews from Israel has shown an increased odds ratio for congenital anomalies in babies of female physiotherapists, but when adjusting for heavy lifting, the findings were not significant. [10] An Australian survey found lower incidence of congenital anomalies and miscarriage among 824 physiotherapists than in the general population.[11] Three studies of spontaneous abortions have been performed among physiotherapists.[7,8,14] As in our present study, none of these studies showed any increased risk of spontaneous abortions related to RF EMF exposure.

The present study has some limitations that may affect interpretations of the findings. Firstly, the response rate was 68 percent. The responding and non-responding women were of the same age, but the possibility of selection bias cannot be ruled out, as we have no other information about the non-responding women. How this possible bias may have affected the present results is not known. Also, the information obtained from the women was self-reported, as there was no other way to obtain some of the data gathered in the study. For instance, only a few spontaneous abortions are registered in official Norwegian health registers. However, using surveys in epidemiological studies concerning spontaneous abortion in the general population and among occupational groups has been considered reliable.[15]

The prevalence of spontaneous abortions reported by the females in the RNoN seems to be lower than that found in other Norwegian survey studies.[16] This might illustrate the presence of a healthy worker effect. Workers in the RNoN undergo rigorous screening for selection with respect to physical health, and negative health outcomes might occur less often in this group.

The exposure data were self-reported. Recall bias could compromise the validity of the data collected on work-related conditions, causing more frequent reports of past deleterious exposure in cases experiencing negative reproductive outcomes as compared to controls with

DISCUSION

No se hallaron señales de efectos adversos relacionados con el trabajo cerca de equipos que emiten CEMs RF entre las empleadas de la RA de N.

Hasta donde alcanza nuestro conocimiento, éste es el primer estudio sobre CEMs RF y reproducción llevado a cabo entre las militares empleadas en la Armada. Aún así, los fisioterapeutas pueden estar expuestos a CEMs RF durante su jornada laboral al utilizar diatermia, etc., y los estudios con respecto a este grupo ocupacional son relevantes. Un estudio hecho en Dinamarca, basado en registros, no encontró ninguna relación entre el trabajo de fisioterapeuta y la tardanza de más de seis meses para concebir, [8] respaldando los hallazgos sobre fertilidad de nuestro presente estudio. Sin embargo, estos investigadores daneses sí hallaron un ratio de sexo reducido entre los hijos de los fisioterapeutas,[8] con un porcentaje de chicos menor. Este resultado no se ha dado en nuestro presente estudio. Por otro lado, una encuesta suiza llevada a cabo entre mujeres fisioterapeutas también respalda nuestros hallazgos, ya que no muestra variaciones en el ratio de sexo.[9] Tal y como los propios autores sugieren, algunos errores en la clasificación de la exposición en el estudio danés podrían explicar las diferencias entre los resultados. Una encuesta, que incluía entrevistas telefónicas desde Israel, ha mostrado un aumento en la razón de momios de anomalías congénitas en bebés de mujeres fisioterapeutas, pero al ajustar los resultados en relación al trabajo pesado, los hallazgos no resultaron significativos.[10] Una encuesta australiana halló una menor incidencia en anomalías congénitas y abortos espontáneos entre 824 fisioterapeutas que en la población general.[11] Se han llevado a cabo tres estudios sobre abortos espontáneos entre fisioterapeutas. [7, 8, 14] Al igual que nuestro presente estudio, ninguno de esos estudios ha mostrado un mayor riesgo de abortos espontáneos entre las fisioterapeutas, relacionado con la exposición a CEMs RF. El presente estudio tiene algunas limitaciones que pueden afectar a la interpretación de los hallazgos. En primer lugar, la tasa de respuesta fue del 68 por ciento. Las mujeres que respondieron y las que no tenían la misma edad, pero no se puede descartar la posibilidad de un sesgo en la selección, ya que no tenemos ninguna otra información sobre las mujeres que no respondieron. Se desconoce el modo en que este sesgo haya podido afectar a los resultados actuales. Además, fueron las propias mujeres las que evaluaron y proporcionaron la información obtenida para el estudio, ya que no había otra manera de obtener algunos de los datos recogidos. De momento, solo se han registrado unos pocos abortos espontáneos en los registros oficiales de salud de Noruega. Aún así, se considera fiable utilizar encuestas en estudios epidemiológicos relacionados con los abortos espontáneos en la población general y entre los grupos ocupacionales. [15]

La prevalencia de abortos espontáneos declarados por mujeres en la RA de N parece ser menor que en otros estudios basados en encuestas noruegas. [16] Estos resultados revelarían la presencia del conocido como efecto del trabajador sano. Los trabajadores de la RA de N pasan por rigurosas pruebas de selección relacionadas

healthy infants born. However, as no associations were found for RF EMF exposure and reproduction, this type of bias seems not to be present. Also, we had no information about the time of exposure related to the reproductive outcomes. Normally, females have their careers in the RNoN early in their lives, before their reproductive career starts, so it is likely that most females have experienced the exposure before the reproductive outcome took place. However, we cannot tell for sure if the exposure took place before a negative reproductive outcome or after.

Lastly, there is a limitation in this study due to the small size of the study population. The small numbers provide a low statistical power, which prevented us from adjusting for potential confounding. However, age, smoking and alcohol consumption was approximately the same for exposed and unexposed groups.

Furthermore, due to low statistical power, potentially adverse effects may not have been detected. However, the population consisted of all the females in the RNoN during 52 years, and the results may reduce the concern about reproductive health and RF EMF exposure in this particular group. On the other hand, it must be emphasised that there are limitations regarding making generalisations from the study. Similar results might be expected in other naval populations, but only if the exposure time and type of work among the females is the same. The study does not clarify whether RF EMF can cause negative reproductive outcomes in other populations, with other exposure levels.

The conclusion of this study is that no evidence of negative adverse effects on reproduction was found related to work near equipment causing radiofrequency exposure in this specific group of female workers in the RNoN. More studies on reproductive issues among females exposed to RF EMF at other work places are warranted.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the Royal Norwegian Navy for funding this study, and the female workers in the Navy for participating.

Traducción / *Translated by Rita Sánchez Nieto*

con la salud física, por lo que los problemas de salud se darían menos a menudo en este grupo.

Los datos relativos a la exposición fueron evaluados y declarados por las propias encuestadas. El sesgo de recuerdo podría comprometer la validez de los datos recogidos acerca de las condiciones relacionadas con el trabajo, propiciando un mayor número de informes sobre las exposiciones nocivas que se dieron en el pasado, que de controles realizados a niños sanos. Aún así, al no haberse hallado ninguna relación entre la exposición a CEMs RF y la reproducción, este tipo de sesgo parece no tenerse en cuenta. Además, no tenemos información sobre el tiempo de exposición en relación con los resultados reproductivos. Normalmente las mujeres desarrollan su carrera en la RA de N a una temprana edad, antes de que empiece su actividad reproductiva, por lo que es probable que la mayoría de estas mujeres se vieran expuestas antes de que se dieran resultados reproductivos. Sin embargo, no podemos asegurar si la exposición tuvo lugar antes o después de un resultado reproductivo negativo.

Finalmente, este estudio se ve limitado por el reducido tamaño de la población. Los números pequeños resultan en un bajo poder estadístico, que nos impidió ajustar los factores de confusión potenciales. En cualquier caso, la edad y los hábitos de consumo de alcohol y tabaco eran aproximadamente los mismos entre los grupos expuestos y los no expuestos.

Es más, debido al bajo poder estadístico, podrían no haberse detectado efectos adversos potenciales. Sin embargo, la población estaba formada por todas las mujeres que han trabajado en la RA de N durante 52 años, y los resultados deberían mitigar la preocupación sobre salud reproductiva y exposición a CEMs RF en este grupo concreto. Por otro lado, es importante recalcar las limitaciones que existen a la hora de hacer generalizaciones basadas en este estudio. Se pueden esperar resultados similares en otras poblaciones navales, pero sólo si el tiempo de exposición y el tipo de trabajo entre las mujeres es el mismo. El estudio no aclara si los CEMs RF pueden provocar resultados reproductivos negativos en otras poblaciones, con otros niveles de exposición.

La conclusión de este estudio es que no se han hallado pruebas de efectos adversos negativos para la reproducción, relacionados con el trabajo cerca de equipos causantes de la exposición a radiofrecuencias, en este grupo específico de trabajadoras de la RA de N. Se garantiza que se realizarán más estudios sobre problemas reproductivos que puedan darse en mujeres expuestas a CEMs RF en otros lugares de trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Armada Real Noruega que haya financiado este estudio y a las trabajadoras de la Armada que hayan participado.

Table 1. Mean age, years worked in the navy, weekly consumed alcohol units and percent present smoking among females who have been working in the navy, by exposure related to their work close to RF EMF emitting equipment, categorized as exposed (n=138) and unexposed (n=179) / *Edad media, años trabajados en la armada, unidades de alcohol consumidas a la semana y porcentaje de fumadoras actuales entre las mujeres que han trabajado en la armada, según la exposición relacionada con su trabajo cerca de equipos que emiten CEMs RF, categorizadas como expuestas (n=138) y no expuestas (n=179).*

	Mean (SD)
Mean Age (years)	
Unexposed	31 (7.6)
Exposed	33 (6.9)
Mean years worked in the navy	
Unexposed	7.1 (8.7)
Exposed	7.5 (7.0)
Mean weekly consumed alcohol units	
Unexposed	3.0 (3.1)
Exposed	3.4 (4.7)
% of present smoking (yes)	**N (%)**
Unexposed	30 (21)
Exposed	41 (22)

Table 2. Prevalence and odds ratio (OR) of self-reported adverse reproductive outcomes and mean number of spontaneous abortions (SA) and biological children among females who have been working in the navy, categorized as exposed and unexposed related to their work close to RF EMF emitting equipment./ *Prevalencia y razón de Odds (OR) de los resultados reproductivos adversos evaluados y proporcionados por las mujeres que han trabajado en la armada, y media de abortos espontáneos (AE) e hijos biológicos que han tenido estas mujeres, categorizadas como expuestas o no expuestas en relación con su trabajo cerca de equipos que emiten CEMs RF.*

RF EMF exposure status	Infertility[a]		SA[b]		Number. of SA[b]	Number of children[a]
	N (%)	OR (95% CI)	N (%)	OR (95% CI)	Mean (SD) Median	Mean (SD) Median
Unexposed	17 (15)	Ref	17 (13)	Ref	1.3 (0.8) 1.0	1.2 (1.1) 1.5
Exposed	13 (18)	1.2 (0.6-2.7)	13 (16)	1.7 (0.8 – 3.8)	1.3 (0.6) 1.0	1.0 (1.0) 1.1

[a]Study population= 274 (current and former employed) [b]Study population= 191 (former employed)

REFERENCES / *BIBLIOGRAFIA*

1. Ahlbom A, Green A, Kheifets L, Savitz D, Swerdlow A, ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection) Standing Committee on Epidemiology. Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. Environ Health Perspect 2004; 112: 741-754.
2. Baste V, Hansson Mild K, Moen BE. Radiofrequency exposure on fast patrol boats in the Royal Norwegian Navy, an approach to a dose assessment. Bioelectromagnetics 2010; 31: 350-360.
3. Magerøy N, Møllerløkken OJ, Riise T, Koefoed V, Moen BE. A higher risk of congenital anomalies in the offspring of personnel who served aboard a Norwegian missile torpedo boat. Occ Environ Med 2006; 63: 92-97.
4. Møllerløkken O, Moen BE. Is fertility reduced among men exposed to radiofrequency fields in the Norwegian Navy? Bioelectromagnetics 2008; 29: 345-352.
5. Baste V, Riise T, Moen BE. Infertility among men exposed to radiofrequent electromagnetic fields. Eur J Epidem 2008; 23: 369-377.

6. Baste V, Moen BE, Oftedal G, Strand LA, Bjørge L, Hansson Mild K. Pregnancy outcomes after paternal radiofrequency field exposure aboard fast patrol boats. J Occup Environ Med 2012; 54: 431-438.
7. Taskinen H, Kyyrönen P, Hemminki K. Effects of ultrasound, shortwaves and physical exertion on pregnancy outcome in physiotherapists. J Epi Comm Health 1990; 44: 196-201.
8. Larsen AI, Olsen J, Svane O. Gender specific reproductive outcome and exposure to high-frequencey electromagnetic radiation among physiotherapists. Scand J Work Environ Health 1991; 17: 324-329.
9. Guerberan E, Campana A, Faval P, Guerberan M, Sweetnam PM, Tuyn JW, Usel M. Gender ratio of offspring and exposure to shortwave radiation among female Physiotherapists. Scand J Work Environ 1994; 20: 345-348.
10. Lerman Y, Jacubovich R, Green MS. Pregnancy outcome following exposure to shortwaves among female physiotherapists in Israel. Am J Ind Med 2001; 39: 499-504.
11. Cromie JE, Robertson VJ, Best MO. Occupational health in physiotherapy: General health and reproductive outcomes. Austr J Physiother 2002; 48: 287-294.
12. Desai NR, Kesari KK, Agarwal A. 2009. Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system. Reprod Biol Endocrinol 2009; 22: 114 (doi: 10.1186/1477-7827-7-114)
13. De Iuliis GN, Newey RJ, King BV, Aitken J. 2009. Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. PLoS ONE 2009; 4: e6446 (doi: 10.1371/journal.pone.0006446).
14. Oullet-Hellstrøm R, Stewart WF. Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation. Am J Epidem 1993; 138: 775-786.
15. Axelsson G. Use of questionnaires in a study on spontaneous abortions in a generalpopulation. J Epidemiol Comm Health 1990; 44: 202-204.
16. Baste V, Moen BE, Riise T, Hollund BE, Øyen N. Infertility and spontaneous abortions among female hairdressers; the Hordaland health study. J Occ Environ Med 2008; 50: 1371-1377.